

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

49

(11)Publication number : 11-297612

(43)Date of publication of application : 29.10.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 13/18

G02B 13/24

G03F 7/20

(21)Application number : 10-111507

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 07.04.1998

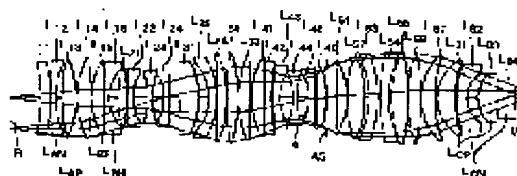
(72)Inventor : KOBAYASHI MISAKO

(54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM AND PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To excellently correct an aberration and secure a large numerical aperture while securing a large projection area in a projection optical system, by providing only a single aspheric lens surface, setting a focal length of a group of first to sixth lenses and a distance between an object surface and an image surface, and satisfying a specific condition.

SOLUTION: From a reticle R side, L11 to L64 are constituted by a first lens group having a positive refracting power, a second lens group having a negative refracting power, a third lens group having a positive refracting power, a fourth lens group having a negative refracting power, a fifth lens group having a positive refracting power, and a sixth lens group having a positive refracting power. Further, when the first to sixth lens groups have a focal length of $f1$ and a distance between an object surface and an image surface of L, conditions of $f1/L < 0.7$, $0.1 < f6/L < 0.7$, $0.15 < f2/f4 < 4$, and $0.05 < f3/f5 < 12$ are satisfied.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-297612

(43)公開日 平成11年(1999)10月29日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

G 0 2 B 13/18

G 0 2 B 13/18

13/24

13/24

G 0 3 F 7/20

5 2 1

G 0 3 F 7/20

5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平10-111507

(22)出願日 平成10年(1998)4月7日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 小林 美佐子

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

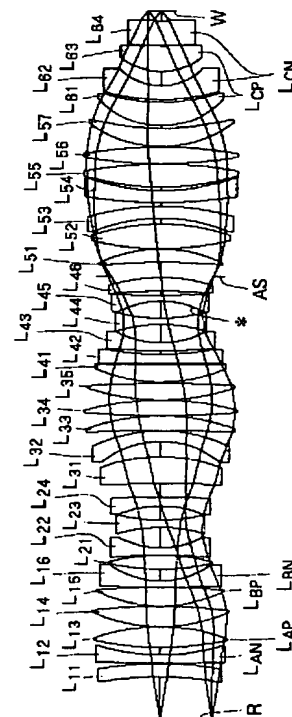
(74)代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54)【発明の名称】 投影光学系および投影露光装置

(57)【要約】

【課題】広い投影領域を確保しつつ収差が良好に補正され、しかも大きな開口数を確保することができる投影光学系を提供する。

【解決手段】少なくとも2種類以上のガラス材を使用し、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群とを有する投影光学系において、該投影光学系は、非球面レンズ面*を少なくとも1面有し、且つ、第*i* (*i*=1~6)レンズ群の焦点距離を*f_i*とし、物体面から像面までの距離を*L*とすると、 $f_1/L < 0.7$ 、 $0.1 < f_6/L < 0.7$ 、 $0.15 < f_2/f_4 < 4$ 、及び $0.05 < f_3/f_5 < 1.2$ なる条件を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】少なくとも 2 種類以上のガラス材を使用し、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群と、正の屈折力を有する第 6 レンズ群とを有する投影光学系において、該投影光学系は、非球面レンズ面を少なくとも 1 面有し、且つ、以下の条件を満足することを特徴とする投影光学系。

$$f_1/L < 0.7$$

$$0.1 < f_6/L < 0.7$$

$$0.15 < f_2/f_4 < 4$$

$$0.05 < f_3/f_5 < 1.2$$

但し、 f_1 ：前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 ：前記第 2 レンズ群の焦点距離

f_3 ：前記第 3 レンズ群の焦点距離

f_4 ：前記第 4 レンズ群の焦点距離

f_5 ：前記第 5 レンズ群の焦点距離

f_6 ：前記第 6 レンズ群の焦点距離

L ：物体面から像面までの距離

である。

【請求項 2】前記非球面レンズ面は、前記第 4 レンズ群又は第 5 レンズ群に配置されたことを特徴とする請求項 1 記載の投影光学系。

【請求項 3】前記第 1 レンズ群は、少なくとも 3 枚の正レンズを有し、

前記第 5 レンズ群は、少なくとも 5 枚の正レンズと、少なくとも 1 枚の負レンズとを有し、

前記第 6 レンズ群は、互いにアッペ数が異なり且つ物体側から順に正レンズ L_{CP} と負レンズ L_{CN} とからなる組み合わせレンズを少なくとも 1 組有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の投影光学系。

【請求項 4】前記第 2 レンズ群は、少なくとも 2 枚の負レンズと、少なくとも 1 枚の正レンズとを有し、

前記第 3 レンズ群は、少なくとも 2 枚の正レンズを有し、

前記第 4 レンズ群は、少なくとも 2 枚の負レンズを有することを特徴とする請求項 3 記載の投影光学系。

【請求項 5】以下の条件を満足する請求項 3 又は 4 記載の投影光学系。

$$0.1 < \nu_{CN}/\nu_{CP} < 0.95$$

但し、 ν_{CP} ：前記正レンズ L_{CP} のアッペ数

ν_{CN} ：前記負レンズ L_{CN} のアッペ数

である。

【請求項 6】前記第 6 レンズ群は、前記組み合わせレンズを 2 組有し、いずれの組み合わせレンズも前記 (5) 式を満足することを特徴とする請求項 5 記載の投影光学系。

【請求項 7】前記第 1 レンズ群は、物体側から順に像側

に凹面を向けた負レンズ L_{AN} と物体側に凸面を向けた正レンズ L_{AP} とからなる負正組み合わせレンズを有し、該負正組み合わせレンズの前記負レンズ L_{AN} と正レンズ L_{AP} は互いに隣接して配置され、両レンズ L_{AN} 、 L_{AP} によって構成される空気レンズは第 1 レンズ群の中央に位置するレンズ又は空気レンズよりも物体側に位置し、且つ、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項記載の投影光学系。

$$|r_{AN2}/r_{AP1}| < 6$$

$$0.1 < \nu_{AN}/\nu_{AP} < 0.95$$

但し、 r_{AN2} ：前記負レンズ L_{AN} の第 2 面の曲率半径

r_{AP1} ：前記正レンズ L_{AP} の第 1 面の曲率半径

ν_{AN} ：前記負レンズ L_{AN} のアッペ数

ν_{AP} ：前記正レンズ L_{AP} のアッペ数

である。

【請求項 8】前記第 1 レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた正レンズ L_{BP} と像側に凹面を向けた負レンズ L_{BN} とからなる正負組み合わせレンズを有し、該正負組み合わせレンズの前記正レンズ L_{BP} と負レンズ L_{BN} は互いに隣接して配置され、両レンズ L_{BP} 、 L_{BN} によって構成される空気レンズは第 1 レンズ群の中央に位置するレンズ又は空気レンズよりも像側に位置し、且つ、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の投影光学系。

$$(|r_{BP2}| - |r_{BN1}|) / (|r_{BP2}| + |r_{BN1}|) < 1.0$$

$$0.1 < \nu_{BN}/\nu_{BP} < 0.95$$

但し、 r_{BP2} ：前記正レンズ L_{BP} の第 2 面の曲率半径

r_{BN1} ：前記負レンズ L_{BN} の第 1 面の曲率半径

ν_{BP} ：前記正レンズ L_{BP} のアッペ数

ν_{BN} ：前記負レンズ L_{BN} のアッペ数

である。

【請求項 9】以下の条件を満足する請求項 1～8 のいずれか 1 項記載の投影光学系。

$$n_{3Pn} > n_{5P} \quad \dots (10)$$

但し、 n_{3Pn} ：前記第 3 レンズ群に含まれる少なくとも 1 枚の正レンズの屈折率

n_{5P} ：前記第 5 レンズ群に含まれる全ての正レンズの屈折率の平均値

である。

【請求項 10】以下の条件を満足する請求項 1～9 のいずれか 1 項記載の投影光学系。

$$n_{34P} > n_{34N} \quad \dots (11)$$

但し、 n_{34P} ：前記第 3 レンズ群と第 4 レンズ群に含まれる全ての正レンズの屈折率の平均値

n_{34N} ：前記第 3 レンズ群と第 4 レンズ群に含まれる全ての負レンズの屈折率の平均値

である。

【請求項 11】以下の条件を満足する請求項 1～10 の

いずれか 1 項記載の投影光学系。

$$0.003 < NA_2 \times Y / L < 0.1$$

但し、 NA_2 ：投影光学系の像側開口数

Y ：最大像高

L ：物体面から像面までの距離

である。

【請求項 1 2】前記第 1 レンズ群の第 1 レンズの第 1 面は物体側に凹に形成され、第 1 レンズ群の第 2 レンズは負レンズによって形成され、且つ、以下の条件を満足する請求項 1 ～ 1 1 のいずれか 1 項記載の投影光学系。

$$|f_{11}/f_1| > 0.25$$

但し、 f_{11} ：前記第 1 レンズ群の第 1 レンズの焦点距離

f_1 ：前記第 1 レンズ群の焦点距離

である。

【請求項 1 3】前記第 1 レンズ群の第 1 レンズの第 1 面は物体側に凹に形成され、第 1 レンズ群の第 2 レンズは正レンズによって形成され、且つ、以下の条件を満足する請求項 1 ～ 1 1 のいずれか 1 項記載の投影光学系。

$$r_1/f_1 < -0.4$$

$$r_1/f_2 > 0.7$$

但し、 r_1 ：前記第 1 レンズ群の第 1 レンズの第 1 面の曲率半径

f_1 ：前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 ：前記第 2 レンズ群の焦点距離

である。

【請求項 1 4】投影原版上のパターンを照明する照明光学系と、

少なくとも 2 種類以上のガラス材を使用し、前記投影原版側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群と、正の屈折力を有する第 6 レンズ群とを有し、前記パターンを感光基板の感光面上に転写する投影光学系とを有する投影露光装置において、

前記投影光学系は、非球面レンズ面を少なくとも 1 面有し、且つ、以下の条件を満足することを特徴とする投影露光装置。

$$f_1/L < 0.7$$

$$0.1 < f_6/L < 0.7$$

$$0.15 < f_2/f_4 < 4$$

$$0.05 < f_3/f_5 < 1.2$$

但し、 f_1 ：前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 ：前記第 2 レンズ群の焦点距離

f_3 ：前記第 3 レンズ群の焦点距離

f_4 ：前記第 4 レンズ群の焦点距離

f_5 ：前記第 5 レンズ群の焦点距離

f_6 ：前記第 6 レンズ群の焦点距離

L ：前記パターン面から感光面までの距離

である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体の像を像面上に投影する投影光学系に関し、特に、半導体素子や液晶表示素子を製造する工程で使用するに好適な投影光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子や液晶表示素子は多数の工程を経て製造されるが、そのうちの主要な工程にフォトリソグラフィ工程がある。同工程では、レチクル、マスクなどの投影原版上のパターンを、ウエハ、ガラスプレートなどの感光基板上に転写するために、投影光学系が使用される。このフォトリソグラフィ工程では、複数回にわたって、レチクルパターンをウエハ上に転写している。ここで、従来のミドルレイヤー露光機は、比較的広い露光領域を確保しつつ収差を良好に補正するために、像側 NA（開口数）が比較的小さくなっていた。また、セミクリティカルなパターンを転写するときには、比較的広い露光領域を確保しつつ収差を良好に補正し、しかも大きな NA を確保するために、走査型露光装置が使用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年の転写パターンの微細化に伴い、ミドルレイヤー露光機にも、広い露光領域を確保しつつ、高い NA をも確保することが要求されるようになってきた。この要求を満たすには、走査型露光装置を使用すれば良い。しかし走査型露光装置では、一時に露光される実際の露光領域は狭く、レチクルとウエハとを同期走査することにより、見かけ上広い露光領域を確保するものであるから、装置全体の構成が複雑にならざるをえない。したがって、走査型露光装置で露光してきた広い露光領域を、一括型露光装置によって焼き付けるための、コンパクトで高性能な投影レンズ系が望まれるところとなっている。本発明は、広い投影領域を確保しつつ収差が良好に補正され、しかも大きな開口数を確保することができる投影光学系と、これを備えた投影露光装置を提供することを課題とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、すなわち、少なくとも 2 種類以上のガラス材を使用し、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群と、正の屈折力を有する第 6 レンズ群とを有する投影光学系において、該投影光学系は、非球面レンズ面を少なくとも 1 面有し、且つ、

f_i ：第 i レンズ群の焦点距離（ $i = 1 \sim 6$ ）

L ：物体面から像面までの距離

としたときに、

$$f_1/L < 0.7 \quad \dots (1)$$

$$0.1 < f_6/L < 0.7 \quad \dots (2)$$

$$0.15 < f_2/f_4 < 4 \quad \dots (3)$$

$$0.05 < f_3/f_5 < 1.2 \quad \dots (4)$$

なる条件を満足することを特徴とする投影光学系である。本発明はまた、この投影光学系を備えた投影露光装置である。

【0005】正の屈折力を持つ第1レンズ群は、テレセントリック性を維持しながら、主に歪曲収差の補正に寄与している。すなわち第1レンズ群で正の歪曲収差を発生させることにより、第2レンズ群以降のレンズ群にて発生する負の歪曲収差をバランス良く補正している。負の屈折力を持つ第2レンズ群及び正の屈折力を持つ第3レンズ群は、この2つの群において逆望遠系を形成し、投影光学系の全長を短くすることに寄与している。また、負の屈折力を持つ第2レンズ群及び第4レンズ群は、主にベッツパール和の補正に寄与し、像面の平坦化を図っている。それぞれ正の屈折力を持つ第5レンズ群及び第6レンズ群は、負の歪曲収差の発生を抑えつつ、像面側での高NA化に対応するために、特に球面収差の発生を極力抑えることに寄与している。ガラス材は少なくとも2種類使用する。これは、色収差を良好に補正するためである。尚、色収差を更に良好に補正しつつ、かつ、コンパクトな投影光学系を得るためには、ガラス材を3種類以上使用することが好ましい。

【0006】条件式(1)は、主に歪曲収差をバランスよく補正するためのものである。条件式(1)の上限を超えると、負の歪曲収差が大きく発生するため、好ましくない。条件式(2)は、コンパクトな光学系において、広NAかつ広露光領域を実現するための第6レンズ群の屈折力を規定するものである。条件式(2)の下限を超えると、負の歪曲収差及びコマ収差の発生が大きくなり、像の悪化を招くため、好ましくない。また、第5レンズ群に負担がかかり、結果として球面収差の悪化を招き、全体の良好な収差バランスを悪化させるため、好ましくない。一方、条件式(2)の上限を超えると、第6レンズ群全体の正屈折力が弱くなりすぎ、結果的に投影レンズ全系の長大化を招くため、好ましくない。

【0007】条件式(3)は、主にベッツパール和を小さく(0に近く)して、広い露光領域を確保しつつ、像面湾曲を良好に補正するためのものである。条件式

(3)の下限を越えると、第4レンズ群の屈折力が第2レンズ群の屈折力に対して相対的に弱くなるため、正のベッツパール和が大きく発生する。逆に、条件式(3)の上限を越えると、第2レンズ群の屈折力が第4レンズ群の屈折力に対して相対的に弱くなるため、同様に正のベッツパール和が大きく発生し、いずれも好ましくない。条件式(4)は、バランスよく球面収差とコマ収差を補正しつつコンパクトな投影光学系を実現するための条件を規定するものである。条件式(4)の上限を超え

ると、負の球面収差が大きく発生する結果、全体の良好な収差バランスを維持できない。逆に、条件式(4)の下限を超えると、コマ収差が大きく発生する結果、全体の良好な収差バランスを維持できない。

【0008】上記の各効果を得るためには、第1レンズ群は、少なくとも3枚の正レンズを有し、第5レンズ群は、少なくとも5枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを有し、第6レンズ群は、互いにアッペ数が異なり且つ物体側から順に正レンズ L_{CP} と負レンズ L_{CN} とからなる組み合わせレンズを少なくとも1組有することが好ましい。更には、第2レンズ群は、少なくとも2枚の負レンズと少なくとも1枚の正レンズとを有し、第3レンズ群は、少なくとも2枚の正レンズを有し、第4レンズ群は、少なくとも2枚の負レンズを有することが好ましい。

【0009】次に、本発明においては、少なくとも1面の非球面レンズ面が用いられているが、この非球面は、第4レンズ群又は第5レンズ群に配置することが好ましい。すなわち第4レンズ群中に非球面を配置することによって、球面レンズのみで構成された明るい光学系で残存しがちな画角に関する収差、特にサジタル方向のコマ収差を抑えることが可能となる。この場合、非球面としては凹面を用い、レンズ周辺で屈折力を弱める形状とすることが好ましい。

【0010】また、第5レンズ群中に非球面を配置することによって、高NAに関する収差、特に高次の球面収差を補正することが可能となる。この場合、凸面の非球面を用いるときには、レンズ周辺で屈折力を弱める形状にすることが好ましく、凹面の非球面を用いるときには、レンズ周辺で屈折力を強める形状にすることが好ましい。なお、第4レンズ群中のレンズ面であっても、より像側のレンズ面を非球面とすれば、同じ効果を得ることができる。つまり高NAで広い露光領域の投影光学系を構成するには、少なくとも第4レンズ群中又は第5レンズ群中に非球面形状のレンズ面を配置することが収差補正上好ましい。

【0011】また、第4レンズ群又は第5レンズ群以外のレンズ群に非球面を採用しても、収差補正に有効である。例えば、第1レンズ群に非球面を用いると、主に歪曲収差を補正することができる。第2レンズ群に非球面を用いると、主に入射瞳の収差(物体高に対応する入射瞳位置のずれ)を小さくすることができる。第3レンズ群又は第6レンズ群に非球面を用いると、主にコマ収差を補正することができる。なお、上記各群の光学要素の一部が平行平板のように屈折力を持たない光学要素であっても、その平行平板を非球面形状にすれば同様の効果を得ることができる。

【0012】次に、本発明の第6レンズ群は、互いにアッペ数が異なり且つ物体側から順に正レンズ L_{CP} と負レンズ L_{CN} とからなる組み合わせレンズを少なくとも1組

有することが好ましいが、その際、

ν_{CP} : 正レンズ L_{CP} のアッベ数

ν_{CN} : 負レンズ L_{CN} のアッベ数

としたとき、

$$0.1 < \nu_{CN} / \nu_{CP} < 0.95 \quad \cdots (5)$$

なる条件を満たすことが好ましい。

【0013】また、第6レンズ群は、前記組み合わせレンズを2組有し、いずれの組み合わせレンズも条件式

(5) を満たすことが一層好ましい。条件式 (5) は、大きな NA と広い露光領域の全体について、色収差を良好に補正するものである。また、第6レンズ群の構成は、歪曲収差及びコマ収差の補正にも大きく寄与している。

【0014】次に、本発明の第1レンズ群は、物体側から順に像側に凹面を向けた負レンズ L_{AN} と物体側に凸面を向けた正レンズ L_{AP} とからなる負正組み合わせレンズを有し、この負正組み合わせレンズの前記負レンズ L_{AN} と正レンズ L_{AP} は互いに隣接して配置され、この負正組み合わせレンズは第1レンズ群内の物体側に近い側に配置され（より正確には、両レンズ L_{AN} 、 L_{AP} によって構成される空気レンズは第1レンズ群の中央に位置するレンズ又は空気レンズよりも物体側に位置し）、且つ、

$$(|r_{BP2}| - |r_{BN1}|) / (|r_{BP2}| + |r_{BN1}|) < 1.0$$

$$\cdots (8)$$

$$0.1 < \nu_{BN} / \nu_{BP} < 0.95$$

なる条件を満たすことが好ましい。条件式 (6) ~

(9) は、物体に近い側において、広い露光領域内の全域で倍率色収差を良好に補正する現実的な解を与えるための条件であり、したがってこれらの条件式の範囲を逸脱すると、倍率色収差を良好に補正できなくなる。

【0016】次に、本発明においては、

n_{3Pm} : 第3レンズ群に含まれる少なくとも1枚の正レンズの屈折率

n_{5P} : 第5レンズ群に含まれる全ての正レンズの屈折率の平均値

とするとき、

$$n_{3Pm} > n_{5P} \quad \cdots (10)$$

なる条件を満たすことが好ましい。一般に、軸上色収差を補正するために異常分散性をもつ光学材料が使用されるが、軸上色収差を効率よく補正するためには、その光学材料は光線高の高いところに配置するのが好ましい。そのため、これらの光学材料は主に凸レンズとして第5レンズ群に配置されるが、これらの光学材料は屈折率が低い場合、これらの光学材料を多用すると、ベッツバル和が0から離れて像面補正が困難となり、また光学系コンパクト化の観点からも好ましくない。条件式 (1

$$0.003 < NA_2 \times Y / L < 0.1 \quad \cdots (12)$$

なる条件を満たすことが好ましい。

【0019】条件式 (12) は、物理的に可能かつ現実的に製造上コスト優位性のある投影光学系の条件を規定す

r_{AN2} : 負レンズ L_{AN} の第2面の曲率半径

r_{AP1} : 正レンズ L_{AP} の第1面の曲率半径

ν_{AN} : 負レンズ L_{AN} のアッベ数

ν_{AP} : 正レンズ L_{AP} のアッベ数

としたとき、

$$|r_{AN2} / r_{AP1}| < 6 \quad \cdots (6)$$

$$0.1 < \nu_{AN} / \nu_{AP} < 0.95 \quad \cdots (7)$$

なる条件を満たすことが好ましい。

【0015】また、本発明の第1レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた正レンズ L_{BP} と像側に凹面を向けた負レンズ L_{BN} とからなる正負組み合わせレンズを有し、この正負組み合わせレンズの前記正レンズ L_{BP} と負レンズ L_{BN} は互いに隣接して配置され、この正負組み合わせレンズは第1レンズ群内の像側に近い側に配置され（より正確には、両レンズ L_{BP} 、 L_{BN} によって構成される空気レンズは第1レンズ群の中央に位置するレンズ又は空気レンズよりも像側に位置し）、且つ、

但し、 r_{BP2} : 正レンズ L_{BP} の第2面の曲率半径

r_{BN1} : 負レンズ L_{BN} の第1面の曲率半径

ν_{BP} : 正レンズ L_{BP} のアッベ数

ν_{BN} : 負レンズ L_{BN} のアッベ数

としたとき、

$$(|r_{BP2}| - |r_{BN1}|) / (|r_{BP2}| + |r_{BN1}|) < 1.0$$

$$\cdots (8)$$

$$\cdots (9)$$

0) は、第3レンズ群においては、これらの光学材料を含む低屈折率光学材料の使用を極力避けることを意味する。したがって条件式 (10) を満たさないと、コンパクトな光学系を得ることが困難になる。

【0017】次に、本発明においては、

n_{34P} : 第3レンズ群と第4レンズ群に含まれる全ての正レンズの屈折率の平均値

n_{34N} : 第3レンズ群と第4レンズ群に含まれる全ての負レンズの屈折率の平均値

とするとき、

$$n_{34P} > n_{34N} \quad \cdots (11)$$

なる条件を満たすことが好ましい。条件式 (11) を満たすことにより、コンパクトな光学系において、ベッツバル像面をさらに良好かつ効果的に補正することができる。

【0018】次に、本発明においては、

NA_2 : 投影光学系の像側開口数

Y : 最大像高

L : 物体面から像面までの距離

とするとき、

るものである。条件式 (12) の上限を超えると、良好な収差を保つことが要求される露光領域全体において、全体の良好な収差バランスを維持できない。また、条件

式(12)の下限を超えると、投影光学系が長大化し、現実的な解ではない。なお、投影光学系内に非球面を用いたことによる効果を充分活かして、よりコンパクトな投影光学系を実現するためには、条件式(12)の下限は0.0088とすることが好ましい。

【0020】次に、本発明においては、第1レンズ群の第1レンズの第1面は物体側に凹に形成され、第1レンズ群の第2レンズは負レンズによって形成され、且つ、 f_{11} :第1レンズ群の第1レンズの焦点距離
 f_1 :第1レンズ群の焦点距離

とすると、

$$|f_{11}/f_1| > 0.25 \quad \dots (13)$$

なる条件を満たすことが好ましい。条件式(13)は、倍率色収差の補正に極力影響を与えることなく、主に歪曲収差を良好に補正するための現実的な解を与える範囲を規定する。また、第1レンズ第1面の凹面によって、射出瞳位置を像位置からより遠くすることができる。

【0021】他方、第1レンズ群の第1レンズの第1面は物体側に凹に形成され、第1レンズ群の第2レンズは正レンズによって形成され、且つ、

r_1 :第1レンズ群の第1レンズの第1面の曲率半径

f_1 :第1レンズ群の焦点距離

f_2 :第2レンズ群の焦点距離

とすると、

$$r_1/f_1 < -0.4 \quad \dots (14)$$

$$r_1/f_2 > 0.7 \quad \dots (15)$$

なる条件を満たす構成とすることもできる。

【0022】条件式(13)の場合には、第2レンズが条件式(6)、(7)における負レンズ L_{AN} に対応し、すなわち倍率色収差補正の役割を担っていたから、第1レンズは専ら歪曲収差の補正と射出瞳位置の調整の役割を担うことができた。しかし、条件式(14)、(15)の場合には、第1レンズと第2レンズが、それぞれ条件式(6)、(7)における負レンズ L_{AN} と正レンズ L_{AP} に対応し、すなわち倍率色収差補正の役割を担う。したがって歪曲収差の補正や射出瞳位置の調整は、第1レンズ群内の他のレンズや、第2レンズ群によって行うことになる。条件式(14)、(15)は、そのために必要な条件を規定するものであり、同条件を満たさないと、歪曲収差の補正や射出瞳位置の調整が困難となる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面によって説明する。図1は本発明による投影光学系を用いた投影露光装置の一実施例を示す。照明光学系1より発した露光光は、レチクルステージ2上に載置されたレチクルRを均一に照明する。レチクルRのパターン面PAを透過した露光光は、投影光学系3によって、ウエハステージ4上に載置されたウエハWの感光面に、パターンPAの像を結像する。こうしてレチクル上のパターンPAがウエハWの感光面に転写される。

【0024】図2、図5、図8及び図11は、それぞれ本発明による投影光学系の第1、第2、第3及び第4実施例のレンズ構成図を示している。各実施例の投影光学系とも、レチクルR上のパターンをウエハWの感光面に投影するものであり、その主要諸元は、

NA_2 (像側開口数):0.57

β (投影倍率):1/4

Y(最大像高):21mm(露光領域の直径は42mm)

λ (基準波長):365.0nm

$\Delta\lambda$ (波長幅): ± 3 nm

である。

【0025】各実施例の投影光学系とも、レチクルR側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群とからなる。また開口絞りASは、第4レンズ群と第5レンズ群の間に設けられている。また、各実施例とも、複数種類のガラス材を使用しており、1面の非球面レンズ面(図中、*印を付した面)を第4レンズ群に持っている。

【0026】第1実施例の第1レンズ群は、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{11} 、ウエハW側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{12} 、3枚の両凸レンズ L_{13} 、 L_{14} 、 L_{15} 、及びウエハW側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{16} からなる。第2レンズ群は、両凸レンズ L_{21} 、2枚の両凹レンズ L_{22} 、 L_{23} 、及びレチクルR側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{24} からなる。第3レンズ群は、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス正レンズ L_{31} 、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{32} 、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス正レンズ L_{33} 、及び2枚の両凸レンズ L_{34} 、 L_{35} からなる。第4レンズ群は、両凸レンズ L_{41} 、ウエハW側に凹面を向けた2枚のメニスカス負レンズ L_{42} 、 L_{43} 、2枚の両凹レンズ L_{44} 、 L_{45} 、及びレチクルR側に凹面を向けたメニスカス正レンズ L_{46} からなる。第5レンズ群は、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス正レンズ L_{51} 、両凸レンズ L_{52} 、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{53} 、ウエハW側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{54} 、2枚の両凸レンズ L_{55} 、 L_{56} 、及びウエハW側に凹面を向けたメニスカス正レンズ L_{57} からなる。第6レンズ群は、ウエハW側に凹面を向けたメニスカス正レンズ L_{61} 、ウエハW側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{62} 、ウエハW側に凹面を向けたメニスカス正レンズ L_{63} 、及びウエハW側に凹面を向けたメニスカス負レンズ L_{64} からなる。

【0027】第2実施例は、第1レンズ群第1レンズがレチクルR側に凹面を向けたメニスカス正レンズ L_{11} によって形成され、第1レンズ群第2レンズが両凹レンズ

L₁₂によって形成され、第4レンズ群第1レンズがウエハW側に凹面を向けたメニスカス正レンズL₄₁によって形成されている点を除き、第1実施例と同じである。

【0028】第3実施例の第1レンズ群は、両凹レンズL₁₁、2枚の両凸レンズL₁₂、L₁₃、ウエハW側に凹面を向けた2枚のメニスカス正レンズL₁₄、L₁₅、及びウエハW側に凹面を向けたメニスカス負レンズL₁₆からなる。第2レンズ群は、両凸レンズL₂₁、3枚の両凹レンズL₂₂、L₂₃、L₂₄、及び両凸レンズL₂₅からなる。第3レンズ群は、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス正レンズL₃₁、2枚の両凸レンズL₃₂、L₃₃、及びウエハW側に凹面を向けたメニスカス正レンズL₃₄からなる。第4レンズ群は、ウエハW側に凹面を向けた2枚のメニスカス負レンズL₄₁、L₄₂、2枚の両凹レンズL₄₃、L₄₄、及び両凸レンズL₄₅からなる。第5レンズ群は、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス正レンズL₅₁、2枚の両凸レンズL₅₂、L₅₃、レチクルR側に凹面を向けたメニスカス負レンズL₅₄、両凸レンズL₅₅、及びウエハW側に凹面を向けたメニスカス正レンズL₅₆からなる。第6レンズ群は、ウエハW側に凹面を向けたメニスカス正レンズL₆₁、両凹レンズL₆₂、両凸レンズL₆₃、両凹レンズL₆₄、及びウエハW側に凹面を向けたメニスカス正レンズL₆₅からなる。第4実施例は、第3実施例と同様に形成されている。

【0029】このうち、各実施例とも、レンズL₆₁が前記した正レンズL_{CP}に対応し、レンズL₆₂が負レンズL

CNに対応する。更に、レンズL₆₃も正レンズL_{CP}に対応し、レンズL₆₄も負レンズL_{CN}に対応する。すなわち第6レンズ群は、前記した組み合わせレンズを2組有する。また、第1実施例と第2実施例では、レンズL₁₂とL₁₃がそれぞれ前記した負レンズL_{AN}と正レンズL_{AP}に対応し、第3実施例と第4実施例では、レンズL₁₁とL₁₂がそれぞれ負レンズL_{AN}と正レンズL_{AP}に対応する。また、各実施例とも、レンズL₁₅とL₁₆がそれぞれ前記した正レンズL_{BP}と負レンズL_{BN}に対応する。

【0030】以下の表1～4に、それぞれ第1～第4実施例の諸元と、前記各条件式(1)～(15)におけるパラメータの値を示す。各表の[レンズ諸元]中、第1欄NoはレチクルR側からの各レンズ面の番号、第2欄rは各レンズ面の曲率半径、第3欄dは各レンズ面から次のレンズ面までの光軸上の距離、第4欄nは基準波長λにおける各レンズの屈折率、第5欄νは波長幅±Δλにおける各レンズのアッペ数、第6欄は各レンズの番号を示す。レンズ番号に付した記号は、Pは正レンズを示し、Nは負レンズを示す。また、アッペ数νは、 $\nu = (n - 1) / (n_- - n_+)$
n₋: λ - Δλにおける屈折率
n₊: λ + Δλにおける屈折率
によって定義している。

【0031】また第1欄No中*印を付したレンズ面は非球面を示し、非球面レンズ面についての第2欄rは、頂点曲率半径である。非球面の形状は、

$$z(y) = \frac{y^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)y^2/r^2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10}$$

y: 光軸からの高さ

z: 接平面から非球面までの光軸方向の距離

r: 頂点曲率半径

κ: 円錐係数

A、B、C、D: 非球面係数

によって表わしており、[非球面データ]に円錐係数κと非球面係数A、B、C、Dを示した。

【0032】

【表1】

No	r	d	n	ν	
0	∞	75.711588			R
1	-560.52361	22.646845	1.51183	631.11	L ₁₁ (N)
2	-597.19192	1.109233			
3	2796.88016	13.865415	1.61265	277.85	L ₁₂ (N) L _{AN}
4	303.67789	13.175357			
5	443.18647	36.686155	1.46393	717.04	L ₁₃ (P) L _{AP}
6	-289.81658	0.462181			
7	245.01051	35.773192	1.51183	631.11	L ₁₄ (P)
8	-935.07502	0.462181			
9	215.77051	32.283789	1.51183	631.11	L ₁₅ (P) L _{BP}
10	-1411.49344	0.924361			
11	6281.07629	10.500000	1.61265	277.85	L ₁₆ (N) L _{BN}
12	125.70265	21.708595			
13	359.36002	24.033590	1.61548	458.63	L ₂₁ (P)
14	-318.42861	0.462181			

15	-836.77257	12.941054	1.50442	554.31	$L_{22}(N)$	
16	136.44453	35.210251				
17	-231.85488	12.941054	1.51183	631.11	$L_{23}(N)$	
18	274.68052	25.126079				
19	-169.35603	16.213110	1.46393	717.04	$L_{24}(N)$	
20	-1029.96916	23.092857				
21	-1850.11314	46.576550	1.61548	458.63	$L_{31}(P)$	
22	-253.98164	26.940813				
23	-141.36237	18.487220	1.47458	539.97	$L_{32}(N)$	
24	-237.45747	1.217593				
25	-2117.42903	24.957747	1.61548	458.63	$L_{33}(P)$	
26	-336.57384	0.462181				
27	1255.96000	28.219456	1.61548	458.63	$L_{34}(P)$	
28	-415.96245	0.462181				
29	333.63763	29.500000	1.61548	458.63	$L_{35}(P)$	
30	-1908.14787	2.660876				
31	248.79832	31.063871	1.61548	458.63	$L_{41}(P)$	
32	-23479.61750	1.087555				
33	6559.57756	16.280979	1.50442	554.31	$L_{42}(N)$	
34	436.94786	6.344350				
35	882.99247	14.789776	1.47458	539.97	$L_{43}(N)$	
36	138.75391	32.413514				
37	-225.06862	11.092332	1.61265	277.85	$L_{44}(N)$	
38	242.61373	29.472767				
*39	-140.21068	10.367598	1.61265	277.85	$L_{45}(N)$	
40	1350.73328	7.263517				
41	-873.17180	24.553932	1.51183	631.11	$L_{46}(P)$	
42	-266.17433	1.734113				
43	-	25.152725			A S	
44	-940.80486	23.317417	1.61548	458.63	$L_{51}(P)$	
45	-215.08725	0.483043				
46	455.49713	43.775022	1.46393	717.04	$L_{52}(P)$	
47	-326.23770	10.473409				
48	-261.92042	20.798123	1.61265	277.85	$L_{53}(N)$	
49	-394.04567	7.000000				
50	691.74753	21.075431	1.61265	277.85	$L_{54}(N)$	
51	320.53860	5.546166				
52	369.74440	41.596245	1.46393	717.04	$L_{55}(P)$	
53	-647.05271	0.462181				
54	622.43484	29.579552	1.46393	717.04	$L_{56}(P)$	
55	-694.21526	1.000000				
56	184.87220	31.355648	1.46393	717.04	$L_{57}(P)$	
57	389.67979	4.688174				
58	129.95615	41.424851	1.51183	631.11	$L_{61}(P)$	L_{CP}
59	277.75711	4.621805				
60	306.56586	24.722637	1.61265	277.85	$L_{62}(N)$	L_{CN}
61	89.39697	24.833212				
62	96.38614	45.042703	1.51183	631.11	$L_{63}(P)$	L_{CP}
63	1848.72202	1.000000				
64	1007.48113	42.472466	1.50442	554.31	$L_{64}(N)$	L_{CN}

65	353.70429	3.924362		
66	∞	13.621805		W
[非球面データ]				
No = 39	$\kappa = 0.0$	$A = -0.779527 \times 10^{-9}$	$B = 0.232875 \times 10^{-12}$	
		$C = 0.695185 \times 10^{-17}$	$D = 0.671026 \times 10^{-20}$	

[条件式対応値]

- (1) $f_1/L = 0.327$
- (2) $f_6/L = 0.363$
- (3) $f_2/f_4 = 1.35$
- (4) $f_3/f_5 = 1.01$
- (5) $\nu_{CN}/\nu_{CP} = 0.440 ; 0.878$
- (6) $|r_{AN2}/r_{AP1}| = 0.685$
- (7) $\nu_{AN}/\nu_{AP} = 0.387$
- (8) $(|r_{BP2}| - |r_{BN1}|) / (|r_{BP2}| + |r_{BN1}|) = -0.633$
- (9) $\nu_{BN}/\nu_{BP} = 0.440$
- (10) $n_{3Pm} = 1.61548, n_{5P} = 1.494$
- (11) $n_{34P} = 1.598, n_{34N} = 1.536$
- (12) $NA_2 \times Y/L = 0.00961$
- (13) $|f_{11}/f_1| = 55.19$
- (14) 適用なし
- (15) 適用なし

【0033】

【表2】

No	r	d	n	ν		
0	∞	75.331260			R	
1	-827.98436	22.646845	1.51183	631.11	$L_{11}(P)$	
2	-629.12537	1.109233				
3	-49672.13540	13.865415	1.61265	277.85	$L_{12}(N)$	L_{AN}
4	302.00000	16.631831				
5	417.99165	38.404161	1.46393	717.04	$L_{13}(P)$	L_{AP}
6	-286.20535	0.462181				
7	270.00000	32.577871	1.51183	631.11	$L_{14}(P)$	
8	-1071.80362	0.462181				
9	206.49981	34.018987	1.51183	631.11	$L_{15}(P)$	L_{BP}
10	-1406.69909	0.924361				
11	3165.27594	10.500000	1.61265	277.85	$L_{16}(N)$	L_{BN}
12	126.56023	22.496462				
13	391.93241	23.832057	1.61548	458.63	$L_{21}(P)$	
14	-307.37150	0.462181				
15	-793.13448	12.941054	1.50442	554.31	$L_{22}(N)$	
16	137.75349	34.944724				
17	-215.00000	12.941054	1.51183	631.11	$L_{23}(N)$	
18	293.50015	25.109121				
19	-167.96525	15.820899	1.46393	717.04	$L_{24}(N)$	
20	-997.19101	21.883907				
21	-1858.44272	46.642524	1.61548	458.63	$L_{31}(P)$	
22	-244.83458	24.289258				
23	-138.91200	18.487220	1.47458	539.97	$L_{32}(N)$	
24	-233.56678	1.046877				
25	-2082.11272	24.957747	1.61548	458.63	$L_{33}(P)$	
26	-333.34638	0.462181				

27	1269.69072	28.849751	1.61548	458.63	$L_{34}(P)$	
28	-415.96245	0.462181				
29	334.91585	29.368446	1.61548	458.63	$L_{35}(P)$	
30	-1687.44880	2.993737				
31	249.21212	31.357225	1.61548	458.63	$L_{41}(P)$	
32	20105.74792	1.000000				
33	4047.72901	16.511582	1.50442	554.31	$L_{42}(N)$	
34	423.15524	5.865626				
35	812.61591	14.789776	1.47458	539.97	$L_{43}(N)$	
36	137.82869	33.079053				
37	-210.00000	11.092332	1.61265	277.85	$L_{44}(N)$	
38	249.70870	28.207701				
*39	-141.03159	10.760543	1.61265	277.85	$L_{45}(N)$	
40	1293.04110	7.256599				
41	-893.51707	24.806692	1.51183	631.11	$L_{46}(P)$	
42	-268.94121	1.849245				
43	—	25.107582			A S	
44	-918.86927	23.355686	1.61548	458.63	$L_{51}(P)$	
45	-213.06690	0.483043				
46	468.74844	43.569113	1.46393	717.04	$L_{52}(P)$	
47	-322.72600	7.467766				
48	-261.87745	20.798123	1.61265	277.85	$L_{53}(N)$	
49	-392.77333	6.657594				
50	689.43962	21.075431	1.61265	277.85	$L_{54}(N)$	
51	320.57911	5.546166				
52	369.74440	41.596245	1.46393	717.04	$L_{55}(P)$	
53	-647.05271	0.462181				
54	619.51094	29.579552	1.46393	717.04	$L_{56}(P)$	
55	-692.62236	1.000000				
56	184.87220	31.249270	1.46393	717.04	$L_{57}(P)$	
57	396.86067	4.362319				
58	130.04891	41.345178	1.51183	631.11	$L_{61}(P)$	L_{CP}
59	280.55580	4.621805				
60	309.41136	24.506037	1.61265	277.85	$L_{62}(N)$	L_{CN}
61	89.25621	25.480490				
62	96.20383	45.146535	1.51183	631.11	$L_{63}(P)$	L_{CP}
63	1848.72202	1.000000				
64	892.07419	42.465562	1.50442	554.31	$L_{64}(N)$	L_{CN}
65	352.06713	3.924362				
66	∞	13.621805			W	

[非球面データ]

$$N \circ = 39 \quad \kappa = 0.0 \quad A = -0.227291 \times 10^{-9} \quad B = 0.346806 \times 10^{-12} \\ C = 0.156434 \times 10^{-16} \quad D = 0.906171 \times 10^{-20}$$

[条件式対応値]

- (1) $f_1/L = 0.321$
- (2) $f_6/L = 0.356$
- (3) $f_2/f_4 = 1.33$
- (4) $f_3/f_5 = 1.00$
- (5) $\nu_{CN}/\nu_{CP} = 0.440 ; 0.878$

- (6) $|r_{AN2}/r_{AP1}| = 0.723$
 (7) $\nu_{AN}/\nu_{AP} = 0.387$
 (8) $(|r_{BP2}| - |r_{BN1}|) / (|r_{BP2}| + |r_{BN1}|) = -0.370$
 (9) $\nu_{BN}/\nu_{BP} = 0.440$
 (10) $n_{3PB} = 1.61548, n_{5P} = 1.494$
 (11) $n_{34P} = 1.598, n_{34N} = 1.213$
 (12) $NA_2 \times Y/L = 0.00961$
 (13) $|f_{11}/f_1| = 12.34$
 (14) 適用なし
 (15) 適用なし

【0034】

【表3】

No	r	d	n	ν	R	
0	∞	85.006400				
1	-1848.31943	21.000000	1.61299	277.50	$L_{11}(N)$	L_{AN}
2	371.84209	11.776824				
3	892.31150	34.000000	1.50442	554.31	$L_{12}(P)$	L_{AP}
4	-1401.04452	0.960063				
5	1376.44231	47.540022	1.61551	458.31	$L_{13}(P)$	
6	-311.54263	0.960063				
7	192.07975	34.700292	1.61551	458.31	$L_{14}(P)$	
8	1226.05340	0.960063				
9	251.63935	26.933098	1.61551	458.31	$L_{15}(P)$	L_{BP}
10	3192.83151	1.000000				
11	3000.00000	20.378976	1.61299	277.50	$L_{16}(N)$	L_{BN}
12	110.11451	23.433801				
13	293.89072	32.696222	1.48746	675.15	$L_{21}(P)$	
14	-287.28092	0.960063				
15	-2880.52371	16.377244	1.61551	458.31	$L_{22}(N)$	
16	127.60010	33.086367				
17	-161.20539	14.148950	1.61551	458.31	$L_{23}(N)$	
18	502.78381	30.784330				
19	-105.17786	13.852945	1.61551	458.31	$L_{24}(N)$	
20	6399.89522	5.138838				
21	6223.14094	36.181903	1.48746	675.15	$L_{25}(P)$	
22	-161.10995	0.480032				
23	-323.64830	25.921709	1.61551	458.31	$L_{31}(P)$	
24	-190.80278	0.480032				
25	3966.92072	33.602216	1.61551	458.31	$L_{32}(P)$	
26	-363.22615	0.480032				
27	429.03811	46.900000	1.61551	458.31	$L_{33}(P)$	
28	-1583.03005	0.480032				
29	226.47272	32.883639	1.61551	458.31	$L_{34}(P)$	
30	1256.86213	0.480032				
31	222.53085	27.828033	1.61551	458.31	$L_{41}(N)$	
32	138.51455	0.960063				
33	138.06181	22.362652	1.61299	277.50	$L_{42}(N)$	
34	118.45479	36.250355				
35	-290.16789	12.960855	1.61299	277.50	$L_{43}(N)$	
36	250.54330	31.040748				
*37	-140.92049	12.960855	1.61299	277.50	$L_{44}(N)$	

38	1400.00000	1.000000				
39	823.67505	22.081456	1.48746	675.15	$L_{45}(P)$	
40	-757.22146	8.488440				
41	—	21.110024			A S	
42	-421.69106	23.041519	1.48746	675.15	$L_{51}(P)$	
43	-212.25342	0.480032				
44	1360.01767	29.759708	1.48746	675.15	$L_{52}(P)$	
45	-265.46122	0.480032				
46	768.05064	26.881772	1.61551	458.31	$L_{53}(P)$	
47	-576.03798	20.447527				
48	-217.87602	22.081456	1.61299	277.50	$L_{54}(N)$	
49	-402.32048	0.480032				
50	609.15717	53.000000	1.61551	458.31	$L_{55}(P)$	
51	-482.86923	0.480032				
52	198.79561	34.632296	1.48746	675.15	$L_{56}(P)$	
53	730.40073	0.480032				
54	150.65377	52.914637	1.48746	675.15	$L_{61}(P)$	L_{CP}
55	6961.50010	2.886589				
56	-4502.08206	15.361013	1.61299	277.50	$L_{62}(N)$	L_{CN}
57	111.23674	11.137576				
58	174.57007	28.734981	1.48746	675.15	$L_{63}(P)$	L_{CP}
59	-580.00000	0.960063				
60	-1439.21059	17.675644	1.61299	277.50	$L_{64}(N)$	L_{CN}
61	185.76015	7.765253				
62	85.01034	46.117068	1.48746	675.15	$L_{65}(P)$	
63	364.60024	1.701328				
64	∞	16.030397			W	

[非球面データ]

$$N o = 37 \quad \kappa = 0.0 \quad A = 0.111669 \times 10^{-8} \quad B = 0.224930 \times 10^{-12} \\ C = 0.228194 \times 10^{-17} \quad D = 0.490033 \times 10^{-20}$$

[条件式対応値]

- (1) $f_1/L = 0.298$
(2) $f_6/L = 0.355$
(3) $f_2/f_4 = 1.29$
(4) $f_3/f_5 = 0.966$
(5) $\nu_{CN}/\nu_{CP} = 0.411 ; 0.411$
(6) $|r_{AN2}/r_{AP1}| = 0.417$
(7) $\nu_{AN}/\nu_{AP} = 0.501$
(8) $(|r_{RP2}| - |r_{BN1}|) / (|r_{RP2}| + |r_{BN1}|) = 0.0311$
(9) $\nu_{BN}/\nu_{BP} = 0.605$
(10) $n_{3PB} = 1.61551, n_{5P} = 1.539$
(11) $n_{34P} = 1.590, n_{34N} = 1.614$
(12) $NA_2 \times Y/L = 0.00962$
(13) 適用なし
(14) $r_1/f_1 = -4.99$
(15) $r_1/f_2 = 15.28$

【0035】

【表4】

N o	r	d	n	ν	R
0	∞	83.672944			

1	-2405.43872	17.501714	1.61299	277.50	$L_{11}(N)$	L_{AN}
2	408.08291	11.908440				
3	1155.38955	33.523971	1.50442	554.31	$L_{12}(P)$	L_{AP}
4	-1202.08870	0.960063				
5	1160.03840	53.000000	1.61551	458.31	$L_{13}(P)$	
6	-329.89077	0.960063				
7	210.00000	41.935873	1.61551	458.31	$L_{14}(P)$	
8	2531.35786	0.960063				
9	281.03668	29.718289	1.61551	458.31	$L_{15}(P)$	L_{BP}
10	1425.62013	1.000000				
11	1229.18375	20.484681	1.61299	277.50	$L_{16}(N)$	L_{BN}
12	111.80247	21.740735				
13	317.44048	29.174399	1.48746	675.15	$L_{21}(P)$	
14	-278.69677	0.960063				
15	-1472.45926	14.500000	1.61551	458.31	$L_{22}(N)$	
16	135.66008	33.042382				
17	-152.00000	12.755868	1.61551	458.31	$L_{23}(N)$	
18	561.59661	30.013413				
19	-105.32590	13.852945	1.61551	458.31	$L_{24}(N)$	
20	6146.78624	4.587657				
21	6724.64787	36.244896	1.48746	675.15	$L_{25}(P)$	
22	-160.10170	0.480032				
23	-319.21153	25.921709	1.61551	458.31	$L_{31}(P)$	
24	-187.80552	0.480032				
25	4658.21717	33.602216	1.61551	458.31	$L_{32}(P)$	
26	-360.91321	0.480032				
27	429.03811	46.030346	1.61551	458.31	$L_{33}(P)$	
28	-1516.86698	0.480032				
29	226.47272	32.847588	1.61551	458.31	$L_{34}(P)$	
30	1295.56272	0.480032				
31	215.76647	27.820278	1.61551	458.31	$L_{41}(N)$	
32	154.37979	0.960063				
33	155.31496	22.357471	1.61299	277.50	$L_{42}(N)$	
34	117.62878	36.361393				
35	-279.64217	12.960855	1.61299	277.50	$L_{43}(N)$	
36	259.13984	30.698432				
*37	-141.61496	12.960855	1.61299	277.50	$L_{44}(N)$	
38	1796.11970	1.061541				
39	953.14656	22.081456	1.48746	675.15	$L_{45}(P)$	
40	-744.12126	8.189495				
41	—	20.811079			A S	
42	-396.98290	23.041519	1.48746	675.15	$L_{51}(P)$	
43	-208.41263	0.480032				
44	1360.01767	29.742381	1.48746	675.15	$L_{52}(P)$	
45	-262.75635	0.480032				
46	768.05064	26.881772	1.61551	458.31	$L_{53}(P)$	
47	-576.03798	20.486147				
48	-218.52323	22.081456	1.61299	277.50	$L_{54}(N)$	
49	-410.10155	0.480032				

50	595.21024	48.206288	1.61551	458.31	$L_{55}(P)$	
51	-484.98835	0.480032				
52	205.00000	34.546835	1.48746	675.15	$L_{56}(P)$	
53	722.28041	0.480032				
54	152.17595	52.783505	1.48746	675.15	$L_{61}(P)$	L_{CP}
55	5815.60214	2.919968				
56	-5571.47687	15.361013	1.61299	277.50	$L_{62}(N)$	L_{CN}
57	117.93960	11.206261				
58	192.41333	28.372969	1.48746	675.15	$L_{63}(P)$	L_{CP}
59	-720.89206	0.960063				
60	-3102.47583	17.892281	1.61299	277.50	$L_{64}(N)$	L_{CN}
61	198.47493	7.947277				
62	87.92087	46.541528	1.48746	675.15	$L_{65}(P)$	
63	372.68087	1.701328				
64	∞	16.803495			W	

[非球面データ]

$$N \circ = 37 \quad \kappa = 0.0 \quad A = 0.126757 \times 10^{-8} \quad B = 0.224476 \times 10^{-12} \\ C = -0.131816 \times 10^{-17} \quad D = 0.521760 \times 10^{-20}$$

[条件式対応値]

- (1) $f_1/L = 0.299$
- (2) $f_6/L = 0.343$
- (3) $f_2/f_4 = 1.24$
- (4) $f_3/f_5 = 0.959$
- (5) $\nu_{CN}/\nu_{CP} = 0.411 ; 0.411$
- (6) $|r_{AN2}/r_{AP1}| = 0.353$
- (7) $\nu_{AN}/\nu_{AP} = 0.501$
- (8) $(|r_{BP2}| - |r_{BN1}|) / (|r_{BP2}| + |r_{BN1}|) = 0.0739$
- (9) $\nu_{BN}/\nu_{BP} = 0.605$
- (10) $n_{3Pm} = 1.61551, n_{5P} = 1.539$
- (11) $n_{34P} = 1.590, n_{34N} = 1.614$
- (12) $NA_2 \times Y/L = 0.00966$
- (13) 適用なし
- (14) $r_1/f_1 = -6.49$
- (15) $r_1/f_2 = 20.38$

【0036】図3に第1実施例の球面収差、非点収差、及び歪曲収差を示し、図4に同実施例の横収差を示す。非点収差図中、点線Mはメリジオナル像面を表し、実線Sはサジタル像面を表す。同様に、図6と図7に第2実施例の諸収差を示し、図9と図10に第3実施例の諸収差を示し、図12と図13に第4実施例の諸収差を示す。各収差図より明かなように、各実施例とも優れた結像性能を有することが分かる。

【0037】なお、上述の各実施例では、i線(365nm)の露光光を供給する水銀ランプを光源として用いた例を示したが、これに限ることなく、例えばg線(435nm)の露光光を供給する水銀ランプ、193nm, 248nmの光を供給するエキシマレーザー等の極紫外光源を用いたものに適用しうる。さらに、上述の各実施例の投影光学系は、図1に示すように一括露光方式の露光装置に用いられるものとして示したが、本発明の

投影光学系は、これに限ることなく、例えば、レチクルRのパターンをウエハW上に走査露光する走査型露光装置に適用することもできる。一括露光型を採用するか、又は走査露光型を採用するかは、全体のシステムコンセプトによって決まるものであり、本発明は、投影露光システム系においての選択肢を大幅に広げることを意味する。

【0038】

【発明の効果】以上のように本発明により、広い投影領域を確保しつつ収差が良好に補正され、しかも大きな開口数を確保することができる投影光学系と、これを備えた投影露光装置が提供された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影光学系を適用する投影露光装置の一実施例を示す概略構成図

【図2】本発明による投影光学系の第1実施例を示す断

面図

【図 3】第 1 実施例の球面収差、非点収差、及び歪曲収差図

【図 4】第 1 実施例の横収差図

【図 5】第 2 実施例を示す断面図

【図 6】第 2 実施例の球面収差、非点収差、及び歪曲収差図

【図 7】第 2 実施例の横収差図

【図 8】第 3 実施例を示す断面図

【図 9】第 3 実施例の球面収差、非点収差、及び歪曲収差図

【図 10】第 3 実施例の横収差図

【図 11】第 4 実施例を示す断面図

【図 12】第 4 実施例の球面収差、非点収差、及び歪曲収差図

【図 13】第 4 実施例の横収差図

【符号の説明】

1…照明光学系

2…レチクルステー

ジ

3…投影光学系

4…ウエハステー

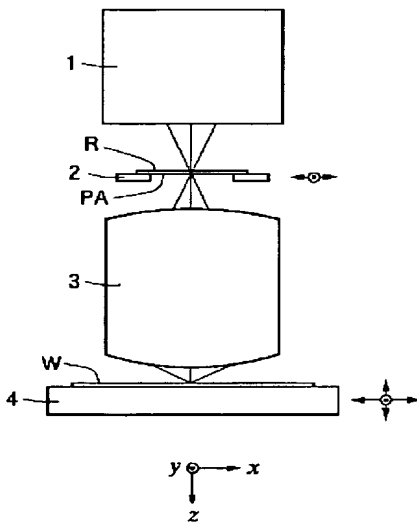
R…レチクル

PA…パターン面

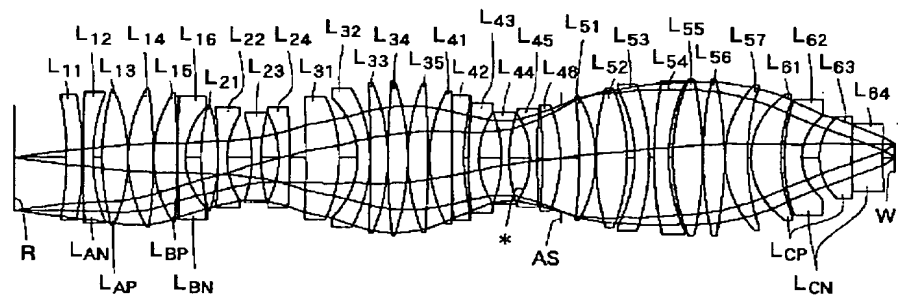
W…ウエハ

L₁₁～L₆₅…レンズ

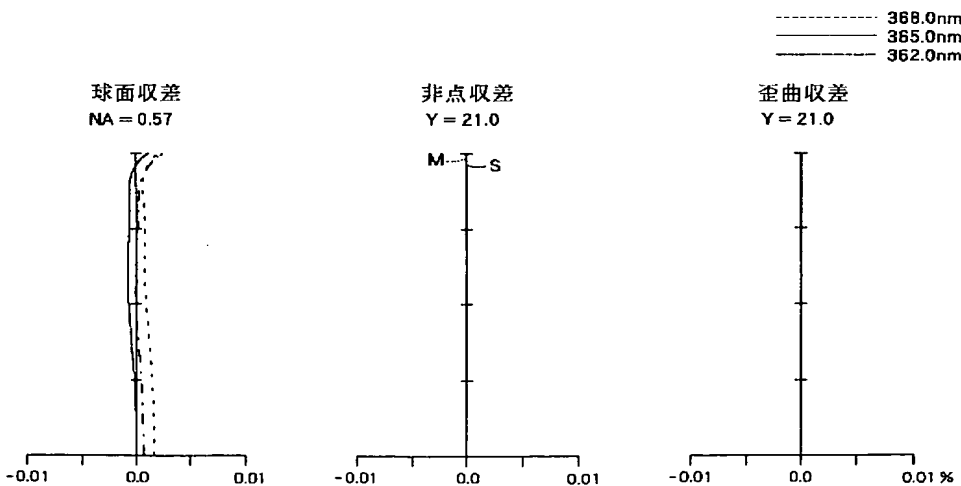
【図 1】



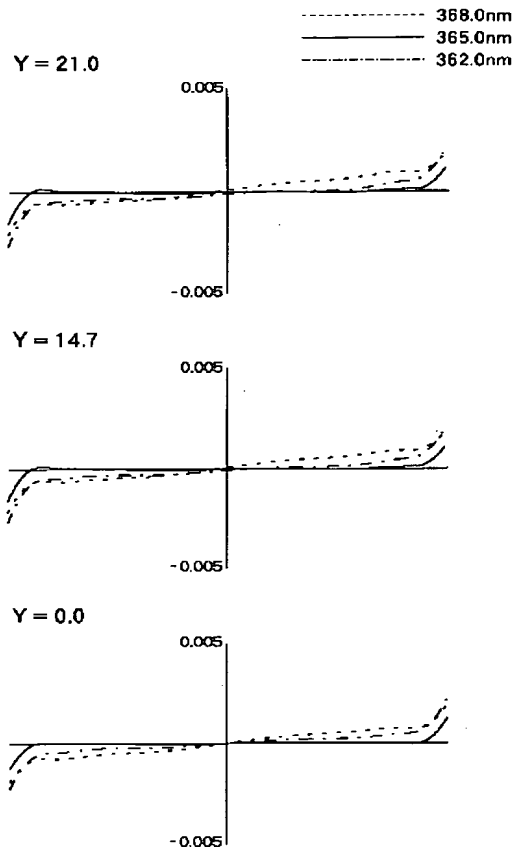
【図 2】



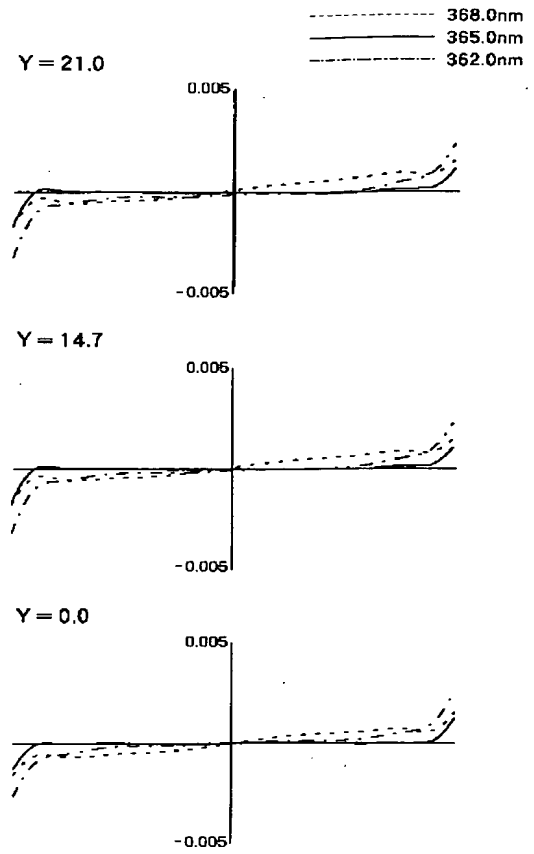
【図 3】



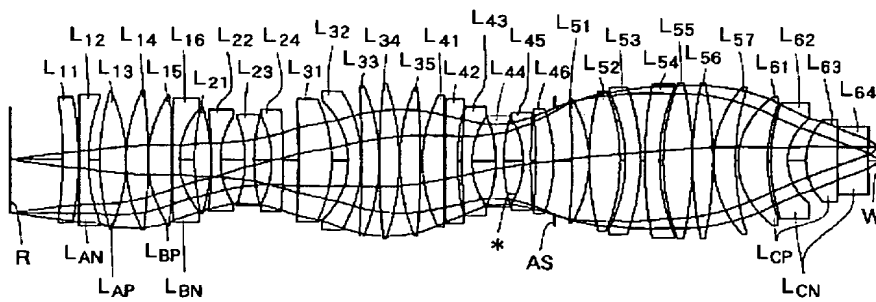
【図 4】



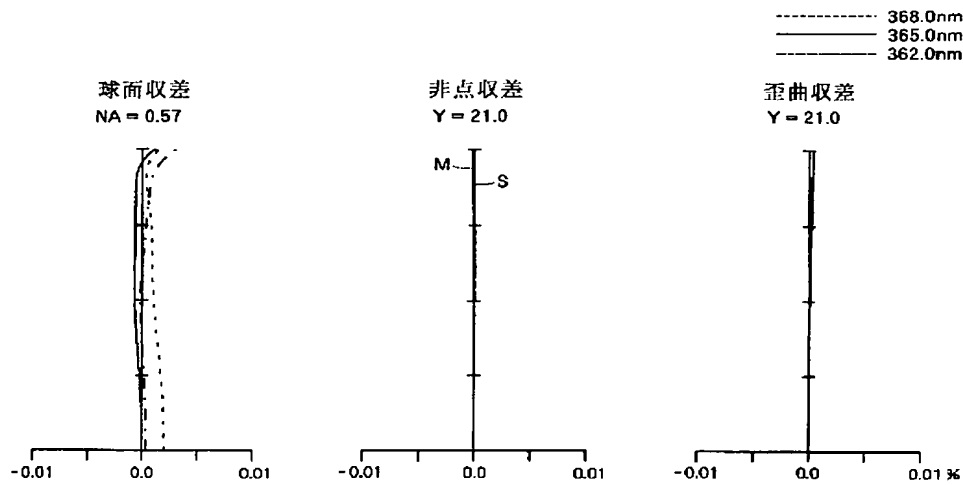
【図 7】



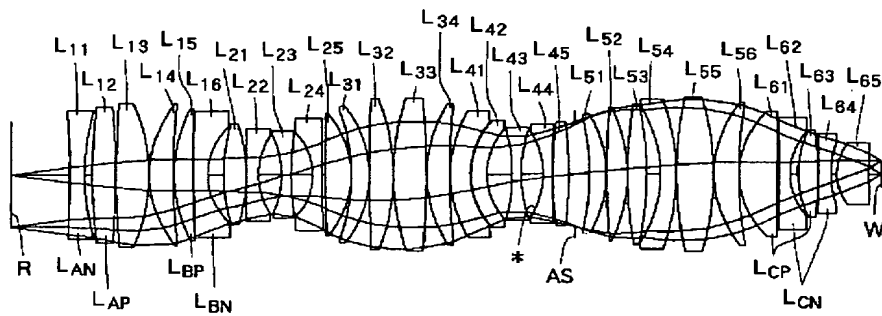
【図 5】



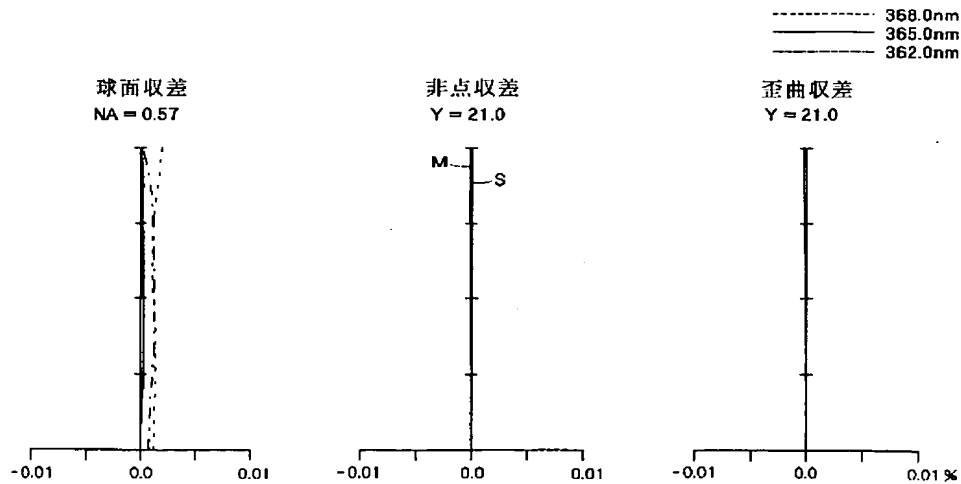
【図 6】



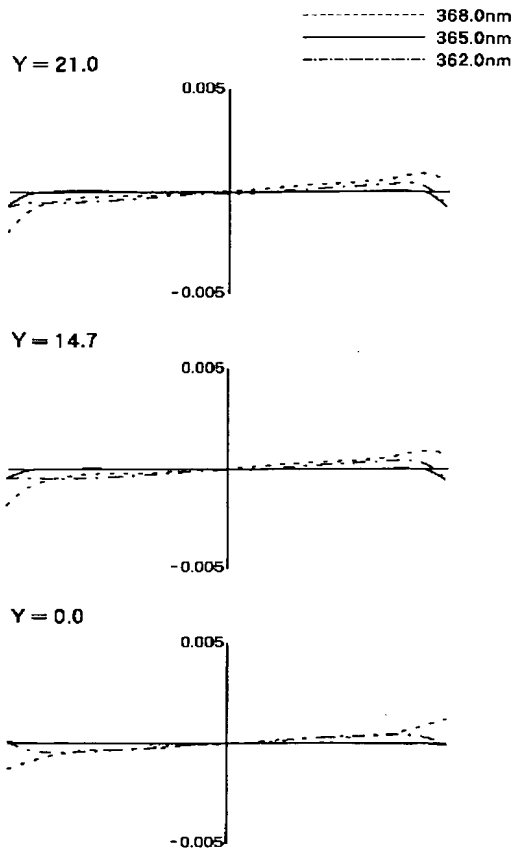
【図 8】



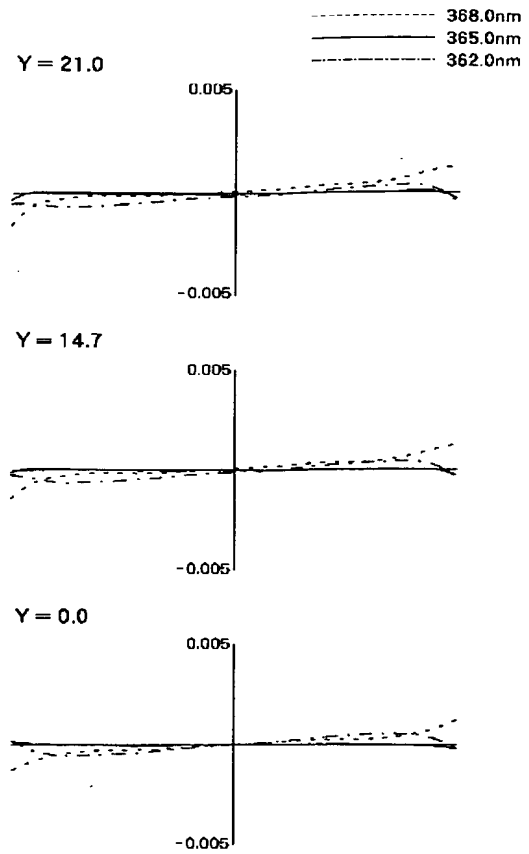
【図 9】



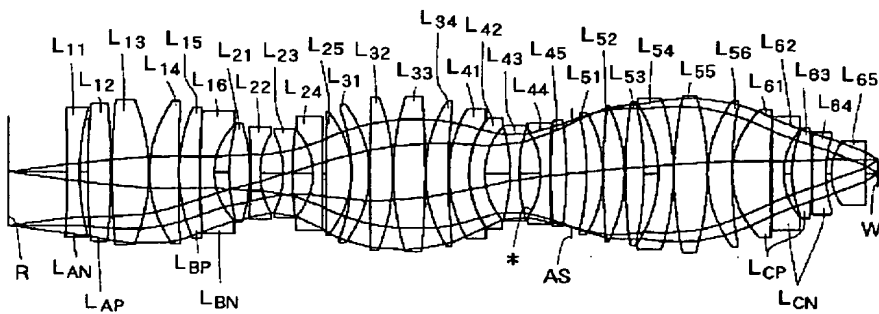
【図 10】



【図 13】



【図 11】



【図 1 2】

